



Serebellum, Dentat Nukleus, 4. Ventrikülün Cerrahi Anatomisi ve Dentat Nükleusun Klinik Önemi

Surgical Anatomy of the Cerebellum, Dentate Nucleus, The 4th Ventricle and The Clinical Importance of Dentate Nucleus

Serebellum, Dentat Nukleus ve 4. Ventrikülün Cerrahi Anatomisi
Surgical Anatomy of Cerebellum, Dentate Nucleus and 4. Ventricle

Yılmaz İlhan¹, Halil Toplamaoğlu²

¹Şırnak Asker Hastanesi, Şırnak, ²İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakltesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.

Özet

Serebellumun cerrahi nöroatomisinin iyi bilinmesi patolojik lezyona giriş yolu ne olursa olsun beyin ve kafa tabanının üç boyutlu anatomisini bir yol haritası şeklinde nöroşirürjiye verecektir. Bu çalışmada serebellum ve 4. ventrikülün cerrahi anatomisi, 12 insan kadavra beyinde mikrocerrahi yöntemler kullanılarak incelendi. Üç ayrı kısımdan oluşan bu yazı dizisinin öncelikli amacı; serebellum, 4. ventrikül ve dentat nükleus mikrocerrahi anatomisini ve cerrahi yaklaşım tekniklerini göz önünde bulundurarak klinik önemini özetlemektir.

Anahtar Kelimeler

Dördüncü Ventrikül, Serebellum, Dentat Nükleus.

Abstract

Being thoroughly familiar with surgical neuroanatomy of the cerebellum gives a chance to the surgeon to know the three dimensional anatomy of the brain and the skull base as a road map regardless of the approach technique to pathological lesion. The surgical anatomy of cerebellum and the fourth ventricle was studied by microsurgical methods on twelve human cadaver brains. The primary aim of this three-partite article series is to summarize the microsurgical anatomy of the cerebellum, fourth ventricle and the dentate nucleus according to clinical point of view considering the surgical approach techniques.

Keywords

Fourth Ventricle, Cerebellum, The Dentate Nucleus.

DOI: 10.4328/JCAM.398

Received: 21.09.2010

Accepted: 04.10.2010

Printed: 01.09.2011

J Clin Anal Med 2011;2(3):59-62

Corresponding Author: İlhan Yılmaz, Şırnak Asker Hastanesi Beyin ve sinir cerrahisi, Şırnak, Türkiye.

Phone: +905052325844 Fax: +902125545813 E-mail: ilhanyumit@gmail.com

Serebellum - Mikrocerrahi Anatomi

Rhombensefalon'un ön kısmı olan metensefalondan meydana gelen serebellum beyinsapı ile birlikte posterior kranial fossada yer alır, pons ve medulla oblangatanın dorsal yüzeylerini örter ve 4. ventrikülün çatısının oluşmasına katkıda bulunur. Erişkinde serebellum yaklaşık 150 gr ağırlığında olup, tüm beyin yüzde onu kadar bir ağırlığa sahiptir. Serebellum yüzey alanı yaklaşık 1000 cm²'lik bir alanı kapsar ve bu miktar serebral korteksin yüzde kırkına karşılık gelir. Serebellum orta hattaki vermis ve iki lateral hemisferden oluşur [1]. Vermis adı verilen serebellumun ortasında bulunan kortikal bölüm, serebellar hemisferleri birbirine bağlar ve sagittal kesitte hemen hemen sirküler bir yapıda izlenir (Şekil 3).

Vermisin süperiordaki rostral ucuna lingula, ventrikül sınırındaki kaudal ucuna nodul adı verilir. Serebellar hemisferlerin vermise komşu bölümleri paravermian bölge olarak adlandırılır. Serebellum bir hemisferden diğerine devamlılık gösteren kompakt bir ak madde kitlesi (korpus medullare) ve onu çevreleyen serebellar korteks ile kaplıdır. Serebellar korteks büyük ölçüde katlanmış bir gri madde tabakasından oluşur. Serebrumun aksine tabaka arasındaki serebellar sulkuslar daha derindir. Serebellar kortekse doğru giden afferent projeksiyonlardan, serebellar korteksten gelen efferent projeksiyonlardan ve daha az miktarda serebellumun çeşitli parçalarını birleştiren assosiyasyon liflerinden oluşan korpus medullare'nin dallanma biçimi anatomik çalışmalarda arbor vitae (yaşam ağacı) olarak adlandırılmış ve bu nedenle serebellumdaki kortikal katlantılara serebral korteksteği gibi girus değil, folia adı verilmiştir.

Serebrumun aksine giruslara karşılık gelen folialar birbirlerine paralel ve aynı büyüklüktedir [2-10]. Serebellum posterior fossa



1. 4. ventrikülün tabanı,
2. Piramid,
3. Tela Koroidea,
4. Aquaduct
5. Sup.Serebellar Pedinkül
6. Nuc. Dentatus
7. Lateral Reses

Şekil 1. Dördüncü ventrikülün tabanı.



1. PİSA
2. Uvula,
3. Tonsil,
4. Foramen magendi,
5. Tela koroidea ve koroid pleksus,
6. Inferior medüller velum,
7. PİSA bifurkasyonu ,
8. Inferior serebellar pedinkül,
9. Uvula piramidal bileşke .

Şekil 2. Serebellomedüller fissür ve PİSA.



1. Tela Koroidea,
2. Inf. Medüller velum ,
3. Uvula ,
4. Piramit,
5. Tuber,
6. Biventral Lobul ,
7. Tonsil

bileşke .

Şekil 3. Vermis ve anatomik komşulukları.

içindeki yerleşimi ve komşulukları göz önüne alındığında üç ayrı yüzeye sahiptir; superiorda tentoriyuma bakan kısım tentoriyal yüz, anteriorde temporal kemiğin Petrosal kısmına bakan petrosal yüz ve posteriorda sigmoid ve transvers sinüsler arasında kalan kısım ise suboksipital yüz olarak adlandırılır. Her üç yüzeyde de lateralde hemisferik bölümler ve orta hatta lingula ,santral lobül ,kulmen, dekliv, folium, tuber, piramid, uvula ve nodulus adlı 9 ayrı bölümden oluşan vermis yer alır. (Şekil 3, 4). Her vermis ayrı bölgeye karşılık ayrı bir serebellar kısım bulunmaktadır. Serebellumun tentoriyal yüzünde lateralde kuadranguler, basit ve superior semilunar lobüllerden oluşan hemisfer bölümleri, orta hatta ise kulmen, dekliv ve folium adlı vermis kısımları yer alır. Tentoriyal yüzdeki en belirgin fissür primer fissürdür. Bu fissür orta hatta kulmen ile dekliv, lateralde ise kuadranguler ve basit lobüller arasında yer alır. Serebellumun suboksipital yüzünde lateralde inferior semilunar lobül, biventral lobül ve aşağıda tonsiller yer alır. Orta hatta ise vermisin piramid, uvula ve onun arkasında yer alan nodulus bölümleri bulunur. Tentoriyal ve suboksipital yüzlerde yer alan vermis ve hemisfer bölümleri birbirleri ile oldukça sabit bir ilişki gösterir; folium –superior semilunar lobül ile, tuber – inferior semilunar lobül ile, piramid – biventral lobüller ile,uvula ise tonsiller ile ilişkilidir . Suboksipital bölgeye serebellumun Petrosal yüzünden gelen petrosal fissür lateralde superior ve inferior semilunar lobülleri, orta hatta ise folium ve tuberi birbirinden ayırır.

Suboksipital bölgedeki prepiramid fissür tuber ve piramidi ayırırken, lateralde aynı fissürün devamı olan prebiventral fissür inferior semilunar ve biventral lobülleri ayırır. Tonsilobiventral fissür ise superiorda biventral lobülü inferiorda yer alan tonsillerden ayırmaktadır. Bu fissür supratonsiler yaklaşımda önemlidir. Serebellumun suboksipital yüzünün serebrum ve pons ile karşılıklı bağlantıları vardır ve hareketlerin başlatılması ve planlamasında rol oynar. Serebellumun petrosal yüzü anteriorde yer alır ve orta hatta 4. ventrikülün hemen rostralinde yer alan lingula ile başlar. Birbiri ile ilişkili hemisfer ve vermis kısımları üstten alta doğru; santral lobül santral lobül kanatları ve kulmen – kuadranguler lobül şeklindedir. Uvula'nın arkasında yer alan nodulus lateralde flokulus ile ilişkilidir. Serebellumun petrosal yüzünün spinal kord ile karşılıklı bağlantıları vardır ve kas tonusunun olduğu kadar, günlük yaşamdaki hareketlerin ve özellikle ekstremiteler hareketlerinin kontrolünde rol oynar.

Serebellar tonsiller

4. ventrikülün tabanı ve inferior serebellar pedüküle cerrahi ulaşımı bloke eden en belirgin oval şeklindeki anatomik yapı süperolateral kenarları boyunca serebellar hemisferlerin geri kalan kısmına tutunan tonsillerdir. Serebellar tonsiller serebelluma süperolateralde seyreden bir ak madde yolu olan tonsiller pedinkül aracılığı ile bağlanmıştır (Şekil 5).

Tonsillerin medial, superomedial, inferior ve kısmen inferolateral kısımları serebelluma bağlantılı olmayıp cerrahi sırasında serbest olarak disseke edilebilir. Bu, telovelar yaklaşımda kullanılır. Serebellar tonsillerin inferior ve inferomedial yüzeyleri, 4. ventriküle cerrahi yaklaşım sırasında tonsil ile medulla oblangatanın posterior yüzeyi arasındaki bir yarık olan serebellomedüller fissür yolu ile disseke edilir. Serebellar tonsillerin serbest olan medial yüzeyleri, 4. ventrikülün tavanının inferior kısmı boyunca birbirlerine dönüktür ve cerrahi yaklaşım sırasında ventriküle uvula ile tonsil arasında yer alan uvulotonsiller boşluk yolu ile ulaşılır (Şekil 2). Aynı zamanda sekonder fissür olarak da bilinen tonsillobiventral fissür, lateralde tonsilin superior kısmını serebellar hemisferin inferiorunda yer alan biventral lobülden

ayırrı [11]. Tonsillobiventral fissür medialde vermisin piramid ve uvulası arasında yer alır, ancak bu bölgede dar bir fissür olarak uzandığından ve kaudale doğru yönlendiğinden güçlükle tanımlanır. Lateralde ise tonsillobiventral fissür daha belirgin ve tanınır hale gelir, çünkü farklı anatomiye sahip iki bölgeyi ayırır. Fissürün üst tarafında yer alan biventral lobül serebellar hemisferin inferiordaki uzantısıdır ve foliaları alt tarafta yer alan tonsil foliasından farklılık gösterir, her iki bölgenin foliaları birbirine paralel değildir. Tonsilin foliaları dar bir açı yaparak keşişir ve tonsillobiventral fissüre doğru yönelirler. Bu bölgenin anatomisi inferior serebellar pedinküle yaklaşımda kullanılan supratonsiller yaklaşımda önemlidir [11] (Şekil 3).

4. ventrikül, 4. ventrikül tavanı ve serebellomedüller fissür

4. ventrikül tavanı çadır benzeri bir yapıdadır ve tavanın en üst noktası olan fastigium ventrikül çatısının en yüksek ve geniş bölümü olup tavanı süperior ve inferior kısımlara ayırır. Serebellum içindeki korpus medüllare 4. ventrikül çatısının medial ve ventralinde, fastigium düzeyinde çadır biçiminde bir reses oluşturmak üzere süperior ve inferior iki laminaya bölünür; süperior ve inferior medüller velum (lamina). Medüller yapının büyük kısmı rostrale devam ederek süperior medüller velumu oluşturur.

Süperior medüller velum medüller yapının ince bir beyaz plaka şeklinde uzantısı olup, fastigiumdan rostralde akuadukta kadar

devam eder ve lateralde süperior ve inferior serebellar pedünkül-lerin iç yüzeyleri ile birleşir. Bu yapılar birlikte 4. ventrikül tavanı süperior kısmını ve lateral duvarlarını oluşturur [7, 12 – 14]. Süperior medüller velumun lateralinde süperior serebellar pedünkülün dentat nükleustan gelen efferent lifleri yer alır ve 4. ventrikül tavanı lateral duvarının ventriküler yüzeyini oluşturmak üzere yükselirler.

4. ventrikül tavanı inferior kısmı orta hatta fastigium düzeyinde süperior ve inferior medüller velumun birleşmesi ile başlar ve kaudalde tela koroidea ile devam eder [7, 12 – 14]. İnförior medüller velum, flokkülodüler lobu oluşturan nodulus ve flokkulus arasındaki bağlantının membranöz bir kalıntısı olup, ince bilateral bir nöronal doku katmanıdır. İnförior medüller velum vermisin alt ve öndeki kısmı olan nodulusun medialinden ve üzerinden laterale geçerek flokkulusun pedinkülünü oluşturur. Bu ince ve transparan nöronal tabakanın lateral uzantısı nodulus ile flokkulusu birleştiren dar bir köprü oluşturur. İnförior medüller velum kaudalde tela koroidea ile 4. ventrikül koroid pleksusu olarak devam eder (Şekil 5).

4. ventrikül tavanının inferior kısmını oluşturan inferior medüller velum ve tela koroidea birbirlerine telovelar bileşke adı verilen ince transvers hat boyunca yapışır ve her iki anatomik yapı içinde bilinen işlevsel herhangi bir nöral doku bulunmamaktadır. Rostralde yerleşmiş inferior medüller velumun kaudaldeki tela koroideaya yapıştığı hat olan telovelar bileşke, laterale doğru nodulustan herbir foramen Luschka'nın bulunduğu lateral resese uzanır.

Tela koroidea 4. ventrikül tabanı kaudalindeki obekte birleşen ve tenia adı verilen dar kabartılar boyunca ventrikül tabanı inferolateral kenarlarına yapışır. Tela koroidea sadece koroid pleksus ile ilişkili değildir, katmanları arasında posterior inferior serebellar arter (PİSA) kaynaklı koroidal dallar ve venlerden oluşan bir vasküler tabakada bulunur [15] (Şekil 2).

Tela koroidea'nın subaraknoid boşluğa üç açıklığı bulunur; lateral reseste yer alan bir çift foramen Luschka ve dördüncü ventrikülün kaudal ucunda orta hat yerleşimli foramen Magendie [16, 17]. Serebellomedüller fissür 4. ventrikül tavanı inferior kısmı ile yakın ilişkide olan ve ventralde medullanın posterior yüzeyi, inferior medüller velum ve tela koroidea, dorsalde ise uvula, serebellar tonsiller ve biventral lobüller tarafından oluşturulan doğal bir açıklıktır. Serebellomedüller fissür lateral reses düzeyinde süperiora doğru uzanır ve foramen Magendie aracılığı ile dördüncü ventrikülle ve tonsillerin süperior yüzeyleri çevresinde sisterna magna ile devam eder; fissür foramen Luschka yoluyla serebellopontin fissür ile komşuluk eder [18].

Serebellomedüller fissür ve 4. ventrikülün tavanı vaskülarizasyonu PİSA ile ilişkilidir. PİSA medulla oblongatanın anterolateral kenarında, alt kranyal sinirlere yakın bir alanda vertebral arterden çıkar ve serebellar tonsil, alt vermis ve serebellar hemisfer çevresindeki bir dizi derin fissür arasında dolaşır, serebellumun suboksipital yüzeyine ulaşır. PİSA beş segmente ayrılır; anterior medüller, lateral medüller, tonsillomedüller, telovelotonsiller ve kortikal segmentler. 4. ventrikül ve inferior serebellar pedünkülere cerrahi yaklaşımlarda en sık olarak serebellomedüller fissür içinde telovelotonsiller segment ile karşılaşılır [13, 19, 20].

PİSA serebellar tonsil mediali boyunca yol alırken medial ve lateral trunkus olarak ikiye ayrılırlar. Medial trunkus vermis beslerken, lateral trunkus serebellar hemisfer ve tonsillerin büyük kısmını besler.

Lateral reses

Romboid bir yapı olan 4. ventrikül tabanı rostral üçte iki bölü-



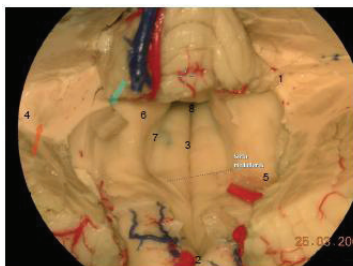
1. Nuc. Dentatus,
2. İnf. Medüller Velum
3. Piramit,
4. Uvula
5. For. Magendie

bileşke .

Şekil 4. Vermis, anatomik komşulukları ve Foramen Magendie.



Şekil 5. Dentat nükleus.



1. Uvula Piramidale Bileşke,
2. Obeks ,
3. Median Sulcus ,
4. Dentat Nucleus ,
5. Koroid pleksus ,
6. Sup. serebellar pedinkül ,
7. Lokus cereleus
8. Aquaduct

Şekil 6. Stria medullaris.

münde ponsa ve kaudal üçte bir bölümünde medulla oblongataya uzanır. Ventrikül tabanı rostralde apeks olarak serebral akuadukt düzeyine, kaudalde ise foramen Magendie anteriorunda yer alan obekse uzanır (Şekil 1). Ventrikül tabanını lateral reseslere, sulkus limitansın hemen lateralinde yer alan vestibüler nükleuslar bağlar. Vestibüler nükleusların rostralinde yer alan stria medullaris, inferior serebellar pedünküller boyunca orta hattan lateral resese doğru tranvers biçimde seyreder (Şekil 6).

Dentat nükleus

Filogenetik olarak daha eski bir dorsomedial bölüme (paleodentat) ve daha yeni ve büyük bir ventrolateral bölüme (neodentat) ayrılır. Dentat nükleusun projeksiyonlarının çoğu daha eski dorsomedial parçadan (paleodentat) çıktıktan sonra süperior serebellar pedünkül üzerinden talamusun karşı taraftaki ventrolateral nükleusuna uğrar ve motor kortekse ulaşır. Dentat nükleus projeksiyonlarının nispeten küçük bir kısmı talamusun intralaminer nükleusuna (santral lateral nükleus), nükleus ruber-in rostral üçte birlik bölümüne ve süperior serebellar pedünkül inen kısmı üzerinden retikülotegmental nükleus ve inferior oliver nükleusa ulaşırlar. Projeksiyonların bir kısmı nükleus ruber üzerinden spinal kord ile bağlantılar sağlar. Dentat nükleusun daha büyük olan ventrolateral parçasının (neodentat) motor dışı bir işleve sahip olduğuna ilişkin bulgular mevcuttur ve bu bölüm motor kortekse ek olarak prefrontal kortekse de bağlantılara sahiptir.

Dentat nükleus kaynaklı serebellar efferent projeksiyonların kortikal hedefleri nörotropik virüsler kullanılarak yapılan retrograd transnöral transport çalışmaları ile haritalanmıştır [17]. Böylece serebellumun talamus aracılığıyla çok sayıda serebral kortikal alanla bağlantıda olduğu ve hem motor hem bilişsel işlevlerde etkili olduğu öne sürülmüştür. Serebellotalamokortikal sistem motor korteks ile birlikte premotor, prefrontal, inferior frontal (Broca alanı), inferior temporal, temporo-okspital ve posterior parietal korteksin de dahil olduğu çeşitli kortikal alanlara uzanır [17, 21–24]. Retrograd transnöral transport çalışmaları ile izlenen virüsler dentat nükleus projeksiyonlarının prefrontal kortekse uzandığını ve orta frontal girusta Brodmann 9 ile 46. alanlarla bağlantılı olduğunu ortaya koymuş ve bu nedenle dentat nükleusun bilişsel fonksiyonlarla da ilgili olabileceği düşünülmüştür. Dentat nükleusun özellikle ventrolateralde bulunan neodentat parçası prefrontal kortekse projeksiyon gönderir

ve sıralı davranışın öğrenilmesi ve gerçekleştirilmesinde rol oynar. Benzer şekilde dentat nükleusun problem çözme gibi bilişsel işlevler sırasında daha fazla aktive olduğu kanıtlanmıştır.

Serebellumun suboksipital yüzünün derin nükleuslar yolu ile frontal, paralimbik ve parietal assosiyasyon korteksleriyle bağlantıları olduğu maymunlarda gösterilmiş ve bu nedenle serebellumun bellek, öğrenme ve dikkat ile ilgili fonksiyonlara ek olarak emosyonel durumdaki etkileyebileceği öne sürülmüştür [24].

Derin serebellar nükleusların en büyüğü olan dentat nükleus dalanan dendritleri olan büyük multipolar nöronlardan oluşur ve yalnızca memelilerde bulunur. Dentat nükleusa şerit şeklinde katlanmış bir torba biçimi veren düzensiz şekilde kıvrılmış gri madde yapısal olarak tam bir daire çizmez ve nükleusun dorsomedialinde bir açıklık oluşturur (Şekil 5). Süperior serebellar pedünküle giden projeksiyonların büyük bir kısmı bu açıklıktan çıkar. Bu formasyon transvers kesitlerde dentat nükleusun yapı itibarı ile inferior oliver nükleusa benzemesine yol açar. Dentat nükleus serebellar hemisferin alt vermise yakın olan ak maddesi içinde yer alır. Anteriorunda yer alan obekse uzanır. Dentat nükleus tonsiller pedünkül ile uvulopiramidal bileşke arasında lokalizedir (Şekil 5). Derin serebellar nükleusların cerrahi sırasında korunması son yıllara kadar yeterince önemsenmemiş ve bu nedenle serebellumda yerleşmiş lezyonlara doğrudan serebellar hemisfer rezeksiyonu ile yaklaşılmıştır. Transvermian yaklaşımda dördüncü ventrikül çatısının posterolateral kenarı boyunca uzanan ve tonsilin süperolateral kısmındaki pedünkülüne komşu yer alan dentat nükleus serebellar vermisen insizyonu ve ekartasyonu sırasında hasar görebilir. Serebellar tonsil ile biventral lobül arasındaki tonsillobiventralfissür yolu ile tonsil pedünkülü üzerinden inferior ve orta serebellar pedünküllere ulaşan supratonsiller yaklaşım ise cerrahi diseksiyon sırasında dentat nükleus ile en yakın ilişkide olan cerrahi yaklaşım yoludur. Telovelar yaklaşımda ise fastigium düzeyinde yerleşmiş olan dentat nükleus inferior medüller velum insizyonu ile süperolateral resese ulaşılırken uvulopiramidal bileşkenin hemen lateralinde tehlike altındadır. Telovelar yaklaşım sırasında dentat nükleus hasarında oluşabilecek denge bozuklukları, transvermian yaklaşımda oluşabilecek vermiş hasarında ortaya çıkacak olandan daha ciddidir [20].

Kaynaklar

1. Tanniröner N, Ulu MO, Özlen F, Yılmaz İ, Uzan M, Akar Z ve ark. Supra ve infratentoriyal bölge ve kafa tabanı mikrocerrahi anatomisi 1. Kısım serebellum ve beyinsapı – cerrahi anatomi ve yaklaşımlar. Türk Nöroşirürji Dergisi. 2008; 18; 2: 65–95.
2. Carpenter MB, Sutin J, editors. Human Neuroanatomy. Baltimore: Williams & Wilkins; 1983.
3. Carpenter MB, editor. Core text of neuroanatomy. Baltimore: Williams & Wilkins; 1991.
4. Crosby E.C., Humphrey T, Lauer EW, editors. Correlative anatomy of the nervous system. New York: Macmillan Co., 1962.
5. Dailey A.T., McKhann G.M. II, Berger M.S. The pathophysiology of oral pharyngeal apraxia and mutism following posterior fossa tumor resection in children. J Neurosurg. 1995; 83; 3: 467–475.
6. Lister JR, Rhoton AL Jr, Matsushima T, Peace DA. Microsurgical anatomy of the posterior inferior cerebellar artery. Neurosurgery. 1982; 10; 2: 170–199.
7. Matsushima T, Rhoton AL Jr, Lenkey C. Microsurgery of the fourth ventricle: Part 1. Microsurgical anatomy. Neurosurgery. 1982; 11; 5: 631–667.
8. Pernikoff E, editor. Atlas of topographical and applied human anatomy. Baltimore: Urban & Schwarzenberg; 1989.
9. Seeger W, editor. Microsurgery of the brain. Anatomical and technical

principles. Wien: Springer; 1980.

10. Standring S, editor. Gray's anatomy: The anatomical basis of clinical practice. New York: Elsevier Churchill Livingstone; 2005.
11. Lawton MT, Quinones-Hinojosa A, Jun P. The supratonsillar approach to the inferior cerebellar peduncle: anatomy, surgical technique, and clinical application to cavernous malformations. Neurosurgery. 2006; 59 (4 Suppl. 2): ONS 244–251.
12. Matsushima T, Rhoton AL Jr, de Oliveira E, Peace D. Microsurgical anatomy of the veins of the posterior fossa. J Neurosurg. 1983; 59; 1: 63–105.
13. Matsushima T, Fukui M, Inoue T, Natori Y, Fujii K. Microsurgical and magnetic resonance imaging anatomy of the cerebello-medullary fissure and its application during fourth ventricle surgery. Neurosurgery. 1992; 30; 3: 325–330.
14. Matsushima T, Inoue T, Inamura T, Natori Y, Ikezaki K, Fukui M. Transcerebellomedullary fissure approach with special reference to methods of dissecting the fissure. J Neurosurg. 2001; 94; 2: 257–264.
15. Duvernoy HM, editor. The human brain. Wien: Springer; 1991.
16. Rhoton AL Jr. The posterior cranial fossa: Microsurgical anatomy and surgical approaches. Neurosurgery. 2000; 47 (Suppl. 1): S1–S297.
17. Middleton FA, Strick PL. Basal ganglia and cerebellar loops: motor and cognitive circuits. Brain Res Rev. 2000; 2-3: 236–250.

18. Yaşargil MG, editor. Microneurosurgery: Microsurgical anatomy of the Basal Cisterns and Vessels of the Brain Vol. 1. Stuttgart, New York: Thieme; 1984.
19. Kawashima M, Rhoton AL Jr., Tanniröner N, Ulm AJ, Yasuda A, Fujii K. Microsurgical anatomy of cerebral revascularization. Part II. Posterior circulation. J Neurosurg. 2005; 102; 1: 132–147.
20. Tanniröner N, Ulm AJ, Rhoton AL Jr, Yasuda A. Comparison of the transvermian and telovelar approaches to the fourth ventricle. J Neurosurg. 2004; 101; 3: 484–498.
21. Middleton FA, Strick PL. Cerebellar projections to the prefrontal cortex of the primate. J Neurosci. 2001; 21; 2: 700–12.
22. Middleton FA, Strick PL. Anatomical evidence for cerebellar and basal ganglia involvement in higher cognitive function. Science. 1994; 266; 5184: 458–461.
23. Middleton FA, Strick PL. Cerebellar output channels. Int Rev Neurobiol. 1997; 41: 61–82.
24. Dum RP, Li C, Strick PL. Motor and nonmotor domains in the monkey dentate. Ann N Y Acad Sci. 2002; 978: 289–301.